

# Indeks Ancaman Gerakan Tanah dengan Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk Penataan Infrastruktur Kepariwisata di Kawasan Geopark Gunung Batur, Kabupaten Bangli

I Nengah Sinarta\*), Ahmad Rifa'i\*\*), Teuku Faisal Fathani\*\*), Wahyu Wilopo \*\*\*)

\*)Kandidat Doktor Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, dan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Warmadewa, Denpasar

\*\*)Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

\*\*\*)Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

## Abstract

*Mount Batur Geopark is a popular destination for Geotourism in Bangli District. This caldera of Mount Batur having slopes with high potential of landslide disaster. This study aims to assess and map the landslide hazards to be used in determining the disaster risk reduction strategy. Considering the results of this study, a guideline for landslide prevention and mitigation could be established and promoted as a government policy and regulation for managing tourism infrastructures. The study took place in the Kintamani Sub-district of Bangli District which is an area of Mount Batur Geotourism. Ground movement hazard index was compiled using Analytic Hierarchy Process (AHP) method. The criteria included 7 indicators for the arrangement of landslide prone areas published in Public Works Ministerial Decree No. 22/PRT/M/2007. According to the decree, the region of Mount Batur Geopark is classified as the typology B with 500 - 2000 mdpl, with the percentage of high and very high potential of landslide hazard is 11% and 9%, respectively. The area with extremely high level of hazard is about 4216 ha located on the summit of Mount Batur. Meanwhile, the peak and slope of Mount Abang has a potential debris flow exposure directed to Trunyan, Abang Batudinding and Buahon villages. The impact area with high hazard potential is 5232 ha on the slopes of Mount Batur, with the dominant type of movement is rock fall or avalanche of rock.*

Key Words : *Mount Batur Geopark , Ground Movement, AHP, Landslide Hazard, Debris Flow*

## Abstrak

Geopark Gunung Batur adalah destinasi geowisata di Kabupaten Bangli. Daerah ini merupakan Kaldera Gunung Batur dengan lereng yang memiliki potensi bencana gerakan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun peta ancaman bencana gerakan tanah, yang sangat diperlukan sebagai upaya pengurangan risiko bencana longsor. Hasil penelitian ini dapat dipergunakan sebagai pedoman penanggulangan dan pencegahan bencana dan dapat diangkat sebagai kebijakan pemerintah dalam penataan infrastruktur pariwisata. Penelitian mengambil lokasi di Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli yang merupakan kawasan geowisata Gunung Batur. Indeks ancaman bencana gerakan tanah disusun menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Kriteria yang digunakan berdasarkan 7 (tujuh) indikator penataan kawasan rawan longsor yang tertuang dalam Permen PU No. 22/PRT/M/2007. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor yang paling mempengaruhi ancaman longsor di kawasan geopark adalah kemiringan lereng, tata air lereng dan litologi batuan. Kawasan geopark Gunung Batur berada pada tipologi B dengan 500 – 2000 mdpl, dengan prosentase ancaman tinggi sebesar 11% dan sangat tinggi 9%. Luasan tingkat sangat tinggi sebesar 4216 ha terdapat di puncak Gunung Batur, puncak dan punggung Gunung Abang dengan dusun yang berpotensi terancam aliran debris meliputi Dusun Trunyan, Dusun Abang Batudinding dan Desa Buahon. Tingkat ancaman tinggi seluas 5232 ha tersebar di sekitar lereng Gunung Batur, dengan jenis longsor jatuh atau luncuran batuan.

Kata Kunci: Geopark Gunung Batur, Gerakan Tanah, AHP, Bahaya Longsor, Aliran Debris

## 1. Pendahuluan

Penetapan daerah geowisata didasarkan pada 3 elemen utama (Newsome, 2006), yaitu (1) bentuk geologi (*lansekap, landform*, sedimen, batuan, fosil) sebagai daya tarik utama; (2) proses pembentukan geologi (mencakup aktivitas tektonik, erosi, deposisi, dan lain-lain) dengan produk berupa pegunungan, aliran lava, glacier, air terjun, lembah sungai, delta; dan (3) pariwisata yang menggabungkan daya tarik geologi sebagai atraksi utama, didukung oleh akomodasi, aktivitas wisata, serta pengelolaan (pengelolaan kawasan, pengelolaan pengunjung, desain kawasan, dan lain-lain). Sebagai bagian dari geowisata, pola pengembangan kawasan *geopark* harus dilakukan secara berkelanjutan yang memadukan secara serasi tiga keragaman, yaitu

keragaman geologi, hayati, dan budaya dari kawasan tersebut. Tujuan pengelolaannya adalah membangun dan mengembangkan ekonomi masyarakat setempat dengan berasaskan perlindungan atas ketiga keragaman yang terdapat pada kawasan tersebut (sinarta, 2013).

Geopark Gunung Batur berada di Kabupaten Bangli, yang terletak antara  $115^{\circ} 13' 43''$  BT -  $115^{\circ} 27' 24''$  BT dan  $8^{\circ} 08' 30''$  LS -  $8^{\circ} 3' 07''$  LS. Posisinya berada di tengah-tengah Pulau Bali, sehingga merupakan satu-satunya kabupaten yang tidak memiliki pantai/laut. Secara fisik di bagian selatan Kabupaten Bangli merupakan daerah dataran rendah dan bagian utara merupakan pegunungan dengan obyek wisata adalah Danau Batur dan Gunung Batur. Kaldera Batur merupakan salah satu kaldera terindah di dunia, berukuran sekitar  $13,8 \times 10$  km, dan struktur kaldera lainnya terbentuk di tengahnya dengan diameter 7,5 km. Puncak tertinggi Gunung Batur +1.717 m (Bemmelen, 1949).

Berdasarkan data Pusdalop BPBD Provinsi Bali tahun 2012, di Kabupaten Bangli telah terjadi 23 kali bencana longsor atau sekitar 16,79% dari seluruh kejadian gerakan tanah di Pulau Bali. Kejadian tersebut sebagian besar terjadi di Kecamatan Kintamani yang merupakan wilayah Geopark Gunung Batur. Dengan demikian, diperlukan pemetaan potensi ancaman bencana gerakan tanah di sekitar kaldera Gunung Batur. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun peta ancaman bencana gerakan tanah dengan metode tidak langsung yaitu metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Informasi ini sangat diperlukan sebagai usaha mitigasi bencana alam tanah longsor yang dipergunakan sebagai pedoman penanggulangan dan pencegahan bencana dan untuk dijadikan kebijakan pemerintah dalam penataan infrastruktur pariwisata.

## 2. Metodologi Pemetaan Ancaman Gerakan Tanah

Mitigasi bencana merupakan kegiatan pencegahan dan penanggulangan terhadap suatu potensi bencana. Terkait bencana gerakan tanah/batuan, mitigasi diperlukan guna memperkecil risiko kerugian jiwa, harta/aset, serta kerusakan infrastruktur. Mitigasi pada prinsipnya merupakan upaya pengurangan risiko bencana, baik bencana alam maupun bencana akibat dari aktifitas manusia, dilakukan sebelum terjadi bencana, secara rutin dan berkelanjutan. Adapun kegiatan mitigasi bencana gerakan tanah meliputi beberapa kegiatan sebagai berikut :

1. Pemetaan tingkat kerentanan, kerawanan dan risiko
2. Pengendalian gerakan tanah
3. Pemantauan dan pemasangan sistem peringatan dini gerakan tanah
4. Sosialisasi dan gladi evakuasi

Dalam usaha penanggulangan dan mitigasi gerakan massa tanah atau batuan, perlu dilakukan pemetaan potensi gerakan massa tanah atau batuan pada daerah yang berpotensi gerakan massa. Pemetaan bencana meliputi proses identifikasi, analisis, dan sebaran gerakan massa dalam suatu wilayah. Hasil dari kegiatan ini diharapkan memberikan gambaran potensi bahaya gerakan massa yang dapat terjadi dalam suatu wilayah (sinarta, 2014).

Pemetaan gerakan massa akan menghasilkan peta ancaman dalam suatu wilayah. Skala yang dihasilkan bervariasi, bergantung pada tingkat keperluannya (Karnawati, 2005). Peta gerakan tanah skala kecil yang mencakup seluruh wilayah Indonesia merupakan tanggung jawab pemerintah dalam penyediaannya. Sedangkan untuk peta dengan skala regional hingga sedang (1:100000 – 1:25000) merupakan tanggung jawab pemerintah provinsi hingga pemerintah kabupaten. Sedangkan untuk peta skala besar (1:10000), biasanya digunakan dalam melakukan usaha pengembangan wilayah dalam skala detail. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 1452 K/10/MEM/2000 tentang pedoman teknis pemetaan zona kerentanan gerakan massa (Karnawati, 2005), dijadikan sebagai acuan dalam melakukan pemetaan gerakan massa agar memiliki kesamaan arti dan kualitas. Teknis pemetaan dapat dibagi menjadi 3, yaitu: (1) metode tidak langsung; (2) metode langsung; dan (3) metode penggabungan.

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode tidak langsung, dengan melibatkan perhitungan kerapatan gerakan massa tanah atau batuan dan nilai bobot dari masing-masing unit/klas/tipe pada setiap parameter pengontrol gerakan massa tanah atau batuan. Perhitungan kerapatan dilakukan dengan mempertimbangkan luas gerakan massa tanah atau batuan pada suatu daerah. Berikut adalah tahapan dan prosedur dalam perhitungan dan penentuan zona ancaman gerakan tanah :

- 1) Melakukan tumpang-susun antara peta parameter dengan peta penyebaran gerakan massa tanah atau batuan.
- 2) Menghitung luas daerah yang mengalami gerakan massa tanah atau batuan dan luas seluruh peta.
- 3) Menghitung kerapatan gerakan massa tanah atau batuan (dalam persen) pada seluruh daerah peta.
- 4) Menghitung kerapatan gerakan massa tanah atau batuan (dalam persen) pada setiap unit/klas/tipe.
- 5) Menghitung nilai bobot pada setiap unit/klas/tipe.
- 6) Pemberian nomor atau urutan nilai pada tiap parameter.
- 7) Membuat tabel klasifikasi untuk mengklasifikasi ulang nilai bobot berdasarkan peta parameter.

- 8) Menjumlahkan semua nilai bobot dari tiap parameter .
- 9) Melakukan klasifikasi dari hasil penjumlahan maksimal dan dibagi menjadi 5 zona, yaitu : zona ancaman sangat rendah, zona ancaman rendah, zona ancaman sedang , zona ancaman tinggi dan zona ancaman sangat tinggi.

### 3. Konsep AHP dalam Pemetaan Gerakan Tanah

Penyusunan peta ancaman gerakan tanah menggunakan metode tidak langsung yaitu metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) mengacu pada Permen PU No. 22/PRN/2007, dengan 7 (tujuh) indikator yaitu kemiringan lereng, kondisi tanah, batuan penyusun lereng, curah hujan, tata air lereng, kegempaan dan vegetasi. Peta zona ancaman gerakan massa pada masing-masing parameter diberi nilai untuk mengetahui besar pengaruhnya terhadap risiko gerakan massa. Semakin tinggi nilai parameter maka semakin berpengaruh terhadap risiko terjadinya gerakan massa.

Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) adalah pendekatan statistik, pertama kali dikembangkan oleh Saaty (1980) yang digunakan dalam pembuatan keputusan multi parameter *Multi Criteria Decision Making* (MCDM). Penggunaan metode AHP untuk kepentingan tertentu digunakan langkah-langkah berikut (Teknomo, 2006):

#### 1. Pembuatan Hierarki

Pembuatan hierarki diikuti dengan penentuan tujuan utama, parameter, dan sub-parameter. Pembuatan tahap ini bersifat subyektif, dimana dalam penentuan parameter dan sub-parameter dibuat berdasarkan kebutuhan dan analisa data. Struktur hierarki diawali dengan tujuan utama dalam pemetaan gerakan massa, kemudian diikuti dengan parameter yang menjadi faktor pengontrol terjadinya gerakan massa seperti; kemiringan lereng, kerapatan struktur geologi, kondisi tanah, curah hujan, kegempaan, tata air lereng dan vegetasi.

#### 2. Membuat matrik perbandingan

Penentuan nilai kepentingan parameter (bersifat subjektif) berdasarkan hasil analisa dan interpretasi yang mengacu pada skala kepentingan relatif (*scale of relative importance*) yang diberikan Saaty (1980). Proses penilaian dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

#### a. Skala Kepentingan relatif

Skala kepentingan relatif yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1 (Saaty, 1980).

Tabel 1. Skala Kepentingan Relatif (Saaty, 1980)

Skala	Kepentingan	Keterangan
1	Sama	Kedua elemen sama pentingnya. Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar.
3	Sedikit lebih penting	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya. Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya.
5	Lebih penting	Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya. Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya.
7	Sangat penting	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya. Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktek.
9	Mutlak penting	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya. Bukti yang mendukung elemen satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang menguatkan.
2, 4, 6, 8,	Nilai menengah	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan. Nilai ini diberikan bila ada dua pilihan.

#### b. Rasio Konsistensi:

Rasio Konsistensi (Consistency Ratio – CR) harus dihitung untuk memverifikasi bahwa keputusan dibuat sempurna, karena konsistensi yang sempurna apabila  $x$  adalah 2 kali lebih besar dari  $y$ , dan  $y$

adalah 3 kali lipat dibanding  $z$ , maka  $x$  harus 6 kali lebih besar dari  $z$ . Metode *Eigenvector Saaty* (1980) digunakan untuk mengevaluasi rasio konsistensi.

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots (1)$$

CR kurang dari atau sama dengan 0,1 adalah diterima. Untuk nilai yang lebih besar diperlukan pengambilan keputusan untuk mengurangi ketidakkonsistenan dengan merevisi penilaian.

Dimana:

CI = *Consistency Index*,

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:  $\lambda_{max}$  = Eigenvalue Maksimum (Perron Root)

$n$  = Jumlah baris dan kolom

RI = *Random Index*

Tabel 2. Indeks Konsistensi Acak (Saaty,2001)

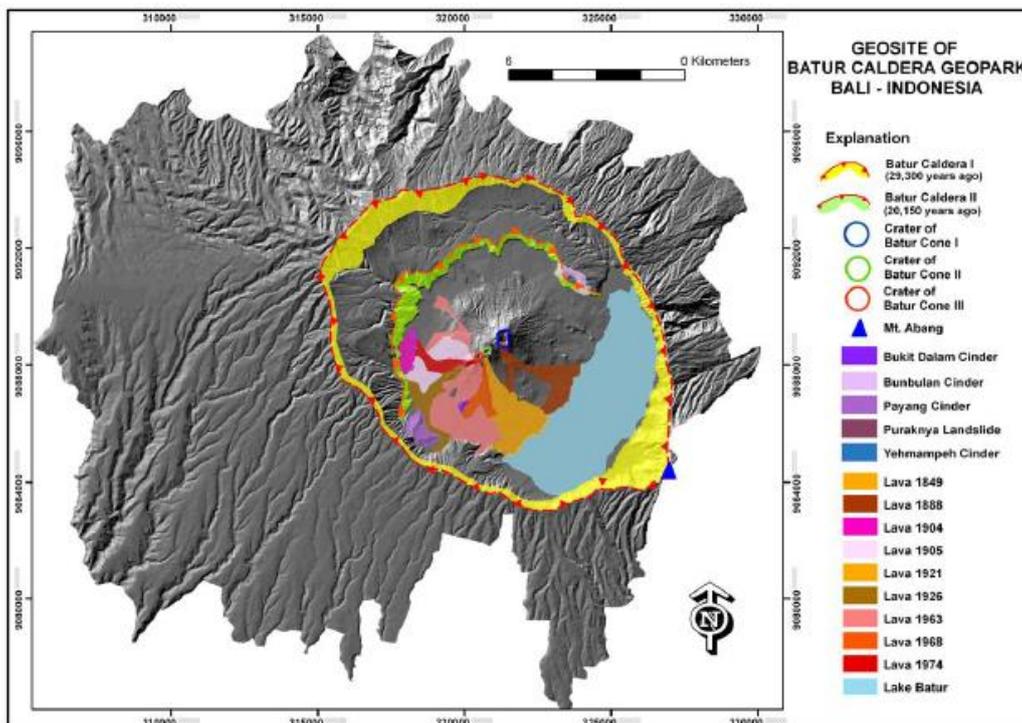
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Random index</i>	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49

Menurut Saaty (1980), CR harus kurang dari 0,10; apabila lebih dari 0,10 dianjurkan bahwa pembuat keputusan harus merevisi kriteria keputusan (perbandingan berpasangan) dan mempertimbangkan kembali kepentingan relatif dari masing-masing parameter. Setelah rasio konsistensi diterima, bobot kriteria dapat digunakan sebagai faktor penimbang untuk analisa lebih lanjut.

## 5. Hasil dan Pembahasan

### 5.1 Geopark Kaldera Gunung Batur

Usulan kaldera Gunung Batur sebagai *geopark* seperti pada Gambar 1, yang menunjukkan geosite yang diajukan kepada UNESCO (Sutawidjaja, 2015).



Gambar 1. Geosite kaldera Gunung Batur sebagai Geopark (Sutawidjaja,2015)

Geosite kaldera Gunung Batur dengan danau batur dan limbah lava terdata dari tahun 1849 – 1974 (Gambar 1), memberikan keunikan terhadap kondisi geologi. Gunung Abang sebagai bagian dari geopark

adalah gunung api parasit dari Gunung Batur purba yang terpotong dalam pembentukan kaldera. Bukti sebagai gunung api adalah banyak ditemukan *dyke* pada dinding dan kaki lereng.



Gambar 2. Longsor lereng Gunung Abang (2016)

Pada lereng Gunung Abang (Gambar 2) terdapat banyak permukiman seperti Desa Buah, Desa Abang Batu Dinding dan Desa Trunyan. Sinarta dkk. (2016b) melakukan analisis stabilitas longsor menggunakan Sinmap di daerah tersebut. Hasil analisis menunjukkan daerah ini termasuk ke dalam zona batas atas dan batas bawah longsor dan mendekati longsor dengan potensi gerakan tanah berupa aliran debris atau banjir bandang.



a. Bentang alam kaldera

b. Kaldera

Gambar 3. Morfologi Geopark Kaldera Gunung Batur.

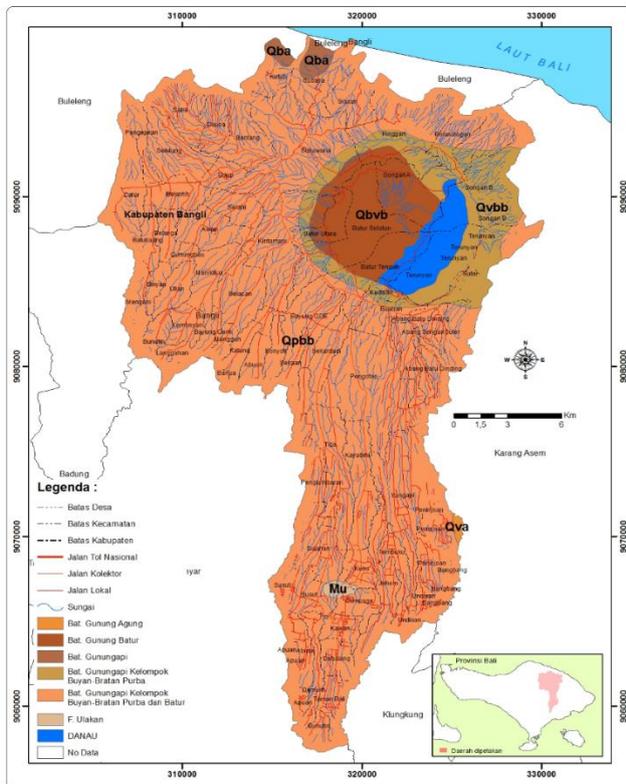
Morfologi kaldera Gunung Batur seperti Gambar 3, kaldera Batur I merupakan merupakan sebuah struktur runtuh berbentuk elips berukuran  $13,8 \times 10 \text{ km}^2$ , terbentuk sekitar 29.300 tahun lalu. Kaldera ini menghasilkan endapan piroklastik dasitik sebesar  $84 \text{ km}^3$ , yang disebut “Ignimbrit Ubud”. Kaldera Batur II merupakan sebuah struktur runtuh berbentuk lingkaran berdiameter 7,5 km, yang terbentuk sekitar 20.150 tahun lalu, dan menghasilkan endapan piroklastik dasitik  $19 \text{ km}^3$ , disebut “Ignimbrit Gunungkawi”.

## 5.2 Evaluasi Kualitatif Stabilitas Tanah

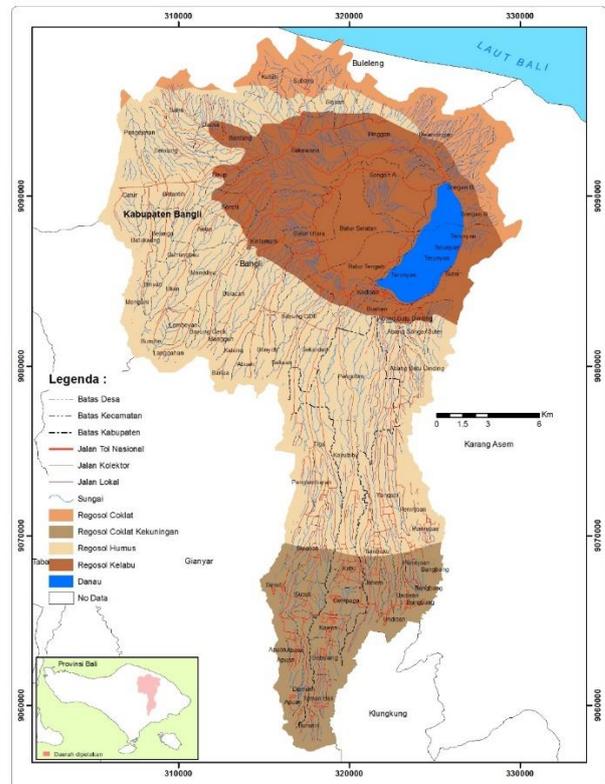
Berdasarkan Permen PU No. 22/PRT/M/2007 tentang Kawasan Rawan Bencana Longsor, pengkajian dilaksanakan pada 7 (tujuh) indikator yang telah diuraikan di atas. Kaldera Gunung Batur mempunyai kemiringan lereng  $35^\circ - 40^\circ$  dan berada pada ketinggian 500 – 2000 mdpl, dengan potensi longsor pada daerah kaki gunung.

Kondisi geologi daerah kaldera Gunung Batur ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan peta geologi lembar Bali (Hadiwidjojo dkk., 1998), batuan penyusun daerah ini berupa breksi dan lava yang berasal dari kelompok Batuan gunung api Buyan- Bratan Purba (Qpbb), yang terdiri dari tufa dan endapan lahar vulkanik Buyan-Beratan dan Batur yang berumur kwarter atas. Formasi geologi yang berumur kwarter bawah ada di sekeliling Gunung Batur termasuk Gunung Abang yang merupakan batuan muntahan dari gunung berapi Buyan-Bratan purba serta Batur Purba. Sekitar lereng Gunung Batur terdapat batuan yang berumur lebih muda yang merupakan batuan vulkanik Gunung Batur.

Formasi geologi yang berumur kwarter bawah, dengan satuan tufa dan breksi vulkanik yang menyusun sebagian besar daerah penelitian terbentuk pada jaman Pleistosen dengan penanggalan umur 2,33 - 0,12 juta tahun sampai 0,77 - 0,06 juta tahun, dibandingkan dengan Formasi batuan gunung api Agung yang terbentuk pada zaman Holosen. Batuan vulkanik ini belum terkompaksi secara kuat, sehingga daerah ini termasuk rawan longsor (Sinarta dkk., 2016a).



Gambar 4. Formasi Geologi

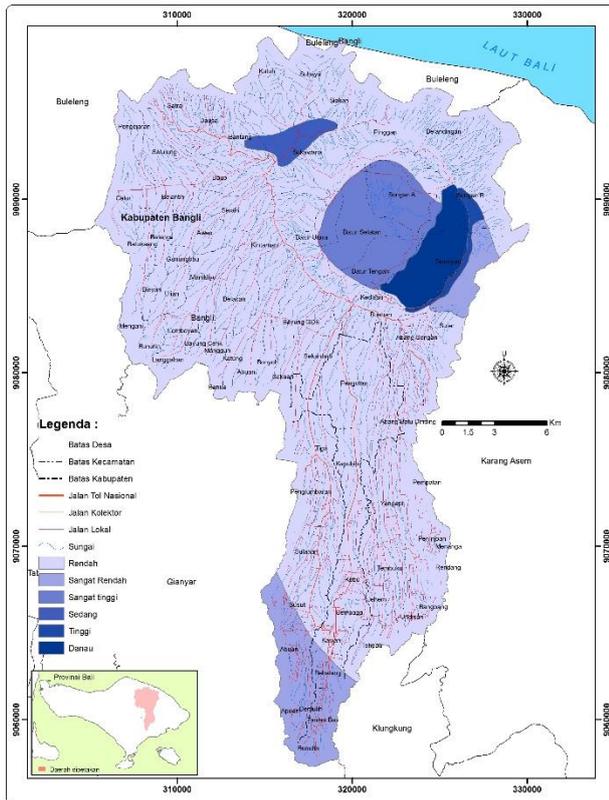


Gambar 5. Jenis/Kondisi Tanah

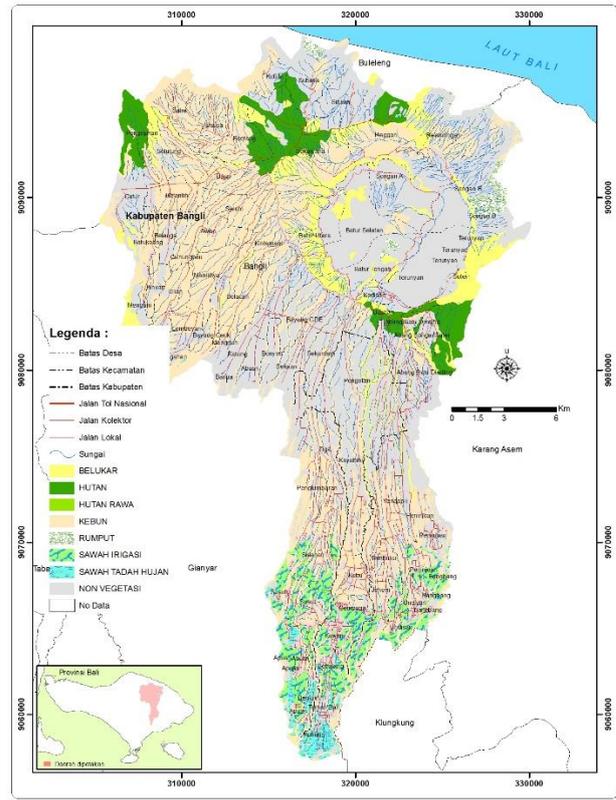
Berdasarkan jenis/kondisi tanah (Gambar 5), kawasan *geopark* memiliki jenis tanah regosol yang berasal dari batuan vulkanik khususnya hasil letusan Gunung Batur pada jaman purba. Ciri-ciri tanah ini adalah berbutir kasar, berwarna kelabu sampai kuning, dan berbahan organik sedikit, sedangkan daerah yang berpotensi terjadinya gerakan tanah di dominasi oleh jenis tanah regosol kelabu. Tanah regosol mempunyai bahan induk abu, pasir, dan tuf volkan intermedier dengan fisiografi vulkanik. Tekstur tanah berupa tekstur geluh lempung atau *clay loam* dan *sandy loam* dan sebagian berupa lempung berpasir (*sandy clay*). Tanah ini mempunyai konsistensi sedang dan ke bawah berangsur-angsur beralih ke bahan induk yang pejal dan tanahnya rawan terhadap erosi, sehingga dapat menimbulkan aliran debris atau banjir bandang (Sinarta dkk., 2016b).

Sifat hidrogeologi kawasan *geopark* berdasarkan peta hidrogeologi (ESDM, 1986) merupakan kawasan batuan gunung api (tuf dan lahar) kelompok Buyan-Bratan-Batur. Pengaruh jenis batuan tersebut adalah dengan banyaknya mata air yang muncul di daerah ini. Pemunculan mata air disebabkan oleh sifat orohidrologi, yaitu fenomena pemunculan mata air yang unik pada gunung api strato dengan adanya jalur mata air (*spring belt*) pada ketinggian-ketinggian tertentu dan adanya perubahan lereng akibat perubahan bahan pembentuknya (Rahardjo dkk., 2008). Gambar 6 menunjukkan bahwa potensi air tanah di kaldera Gunung batur berada pada posisi sedang sampai sangat tinggi akibat pemunculan mata air pada sesar batuan dan rembesan pada batuan lapuk, kondisi sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng.

Vegetasi kawasan *Geopark* Gunung batur ditunjukkan pada Gambar 7. Tata guna lahan di sekitar kawasan ini berupa: kebun, hutan, pemukiman dan ladang. Di wilayah lereng Gunung Abang memiliki lereng yang cukup curam dengan vegetasi sebagian besar berupa semak belukar. Sebagian wilayah yang merupakan zona longsor di daerah tersebut juga berupa hutan dan diselingi dengan semak belukar. Beberapa jenis tanaman yang akarnya tidak cukup kuat untuk mengikat tanah ditanami sekitar kaldera gunung batur, dengan jenis tanaman antara lain tanaman kacang- kacangan, cabai, sayur-sayuran, coklat dan beberapa tanaman yang lain. Jenis vegetasi dengan pengakaran tersebut jelas tidak dapat meningkatkan kuat gesek tanah, dan kemungkinan akan memberikan beban tambahan terhadap lereng.



Gambar 6. Hidrogeologi Kawasan



Gambar 7. Vegetasi Kawasan

### 5.3 Evaluasi Kuantitatif Stabilitas Tanah dengan AHP

Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) mengacu pada 7 (tujuh) aspek fisik alami sebagai parameter hierarki. Pembobotan secara subjektif dilakukan dengan pengisian kuisioner kepada para pakar yang aktif melakukan penelitian dan kajian di bidang gerakan tanah. Seluruh parameter indikator tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam matriks dan diberi nilai skala kepentingannya sebagai berikut:

Tabel 3. Matrik Normalisasi AHP

	Kelerengan	Kondisi Tanah	Kerapatan Struktur	Curah Hujan	Tata Air Lereng	Kegempaan	Vegetasi	PV*
Kelerengan	0,18	0,29	0,22	0,17	0,11	0,13	0,29	0,20
Kondisi Tanah	0,08	0,13	0,19	0,10	0,29	0,12	0,11	0,14
Kerapatan Struktur	0,12	0,10	0,14	0,15	0,19	0,15	0,13	0,14
Curah Hujan	0,16	0,11	0,14	0,15	0,09	0,22	0,15	0,15
Tata Air Lereng	0,27	0,19	0,13	0,29	0,17	0,23	0,13	0,20
Kegempaan	0,15	0,11	0,10	0,07	0,08	0,10	0,12	0,10
Vegetasi	0,04	0,07	0,08	0,07	0,09	0,06	0,07	0,07
Jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Keterangan:

\*Nilai rata-rata di atas disebut dengan *priority vector* (PV) dan merupakan bobot dari kriteria, dan jumlah seluruh penilaian sama dengan 1.

Dalam penentuan *Consistency Ratio* (CR), *eigenvalue* maksimum ( $\lambda_{max}$ ) dihitung dengan melakukan perkalian pada matriks perbandingan berpasangan 7x7 dengan nilai PV. Untuk memperoleh *eigenvalue* maksimum, hitung rata-rata dari nilai di atas.

$$\lambda_{max} = ((7,38+7,55 + 7,42 + 7,31 + 7,39 + 7,42 + 7,43)/7 = 7,42$$

*Consistency index* (CI) dari Persamaan (2) menjadi:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{7,42 - 7}{7 - 1} = 0,07$$

Untuk  $n = 7$ , *Random Index (RI)* menurut Saaty (1980) menjadi 1,32.

*Consistency ratio (CR)* dari Persamaan (1), dapat dievaluasi sebagai berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,07}{1,32} = 0,053$$

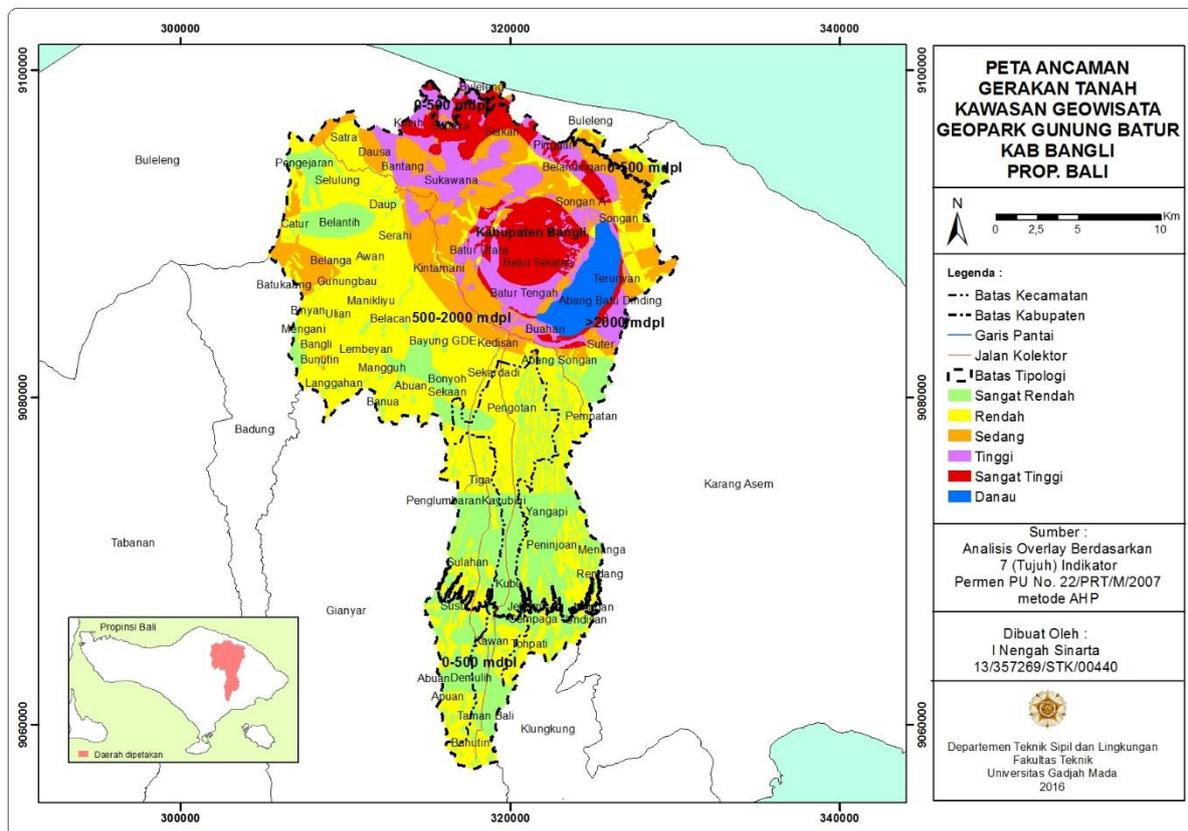
Karena  $CR = 0,053$  dan kurang dari 0,10 maka bobot parameter dapat diterima.

Hasil analisa menunjukkan kemiringan lereng dan tata air lereng menyumbang bobot terbesar terhadap stabilitas lereng yaitu sebesar 20 %. Pembobotan AHP dengan indikator: kelerengan 20%, kondisi tanah 14%, kerapatan struktur 14%, curah hujan 15%, tata air lereng 20%, kegempaan 10%, dan vegetasi 7%, dipakai sebagai perkalian terhadap *scoring* pada masing-masing tipologi ketinggian dan subindikator.

Selanjutnya dengan bantuan software ArcGis 10.3, dilakukan prosedur perhitungan dan kajian penentuan zona ancaman gerakan tanah secara tumpang-susun antara peta parameter dengan peta penyebaran gerakan massa tanah atau batuan. Tumpang-susun peta menghasilkan nilai indeks ancaman gerakan tanah, dari level ancaman sangat rendah sampai sangat tinggi, dengan bentuk indeks ancaman dalam bentuk raster. Berikut adalah rangkuman tingkat ancaman gerakan tanah dan batuan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tingkat ancaman luas areal tiap tipologi

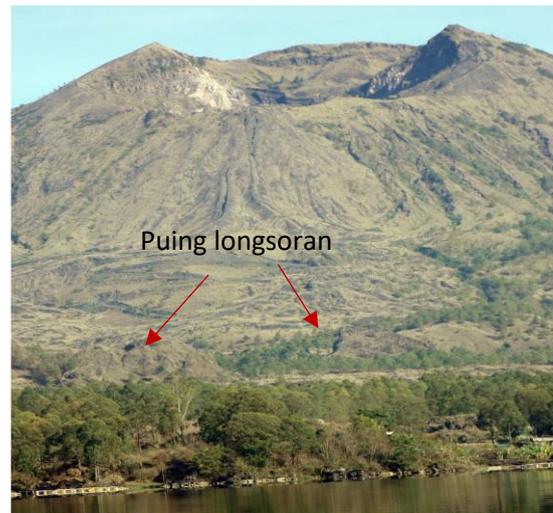
Tingkat Ancaman	A (>2000 mdpl)		B (500-2000 mdpl)		C (< 500 mdpl)	
	Interval	Luas (Ha)	Interval	Luas (Ha)	Interval	Luas (Ha)
Sangat Tinggi	3,20 - 3,72	-	3,20 - 3,72	4216,05	3,20 - 3,72	239,928
Tinggi	2,91 - 3,20	5,149	2,91 - 3,20	5232,76	2,91 - 3,20	178,309
Sedang	2,66 - 2,91	-	2,66 - 2,91	7844,73	2,66 - 2,91	399,737
Rendah	2,38 - 2,66	-	2,38 - 2,66	21309,85	2,38 - 2,66	3604,484
Sangat Rendah	1,96 - 2,38	-	1,96 - 2,38	8917,39	1,96 - 2,38	2858,218
Danau	-	-	-	1600,253	-	-



Gambar 8. Peta Ancaman Gerakan Tanah



Gambar 9. Potensi longsor sangat tinggi



Gambar 10. Potensi longsor tinggi

Berdasarkan Gambar 8 yang menunjukkan peta ancaman gerakan tanah di kawasan *geopark* Gunung Batur, dapat diamati bahwa kaldera Gunung Batur berada pada tipologi B dengan ketinggian 500 – 2000 mdpl, dan persentase ancaman tinggi sebesar 11% dan sangat tinggi 9%. Luasan tingkat sangat tinggi sebesar 4216 ha terdapat di puncak Gunung Batur dan puncak, punggung Gunung Abang (Gambar 9). Di sekitar daerah tersebut terdapat beberapa desa yaitu; Dusun Trunyan, Dusun Abang Batudinding dan Dusun Buah. Tingkat ancaman tinggi seluas 5232 ha sekitar lereng Gunung Batur terlihat pada Gambar 10. Di daerah ini ditemukan puing-puing bekas longsor yang penduduk lokal menyebutnya sebagai puncak Puraknya.

Dari hasil analisis geologi serta perhitungan yang telah diuraikan dalam bagian sebelumnya, maka faktor penyebab timbulnya ancaman longsor di kawasan *geopark* Gunung batur, berturut-turut adalah kemiringan lereng, tata air lereng dan litologi atau jenis batuan penyusun lapisan tanah. Kemiringan lereng lebih dari 40% dengan litologi batuan vulkanik yang telah lapuk (lempung berlanau) dan pasir berlempung pada lereng dan puncak Gunung Abang mempunyai pengaruh yang besar terhadap terjadinya gerakan tanah. Batuan vulkanik, berupa limbah lava letusan Gunung Batur baik yang telah lapuk dan lapuk membentuk pasir.

## 6. Kesimpulan

Untuk memperoleh peta zonasi potensi bahaya gerakan massa di area penelitian adalah dengan cara melakukan pembobotan dari masing-masing parameter bahaya dan resiko. Pembobotan dilakukan dengan metode *Analytical Hierrarchy Process* (AHP), yaitu memberikan skala pada masing-masing parameter berdasarkan kepentingan atau besar pengaruhnya, sehingga dihasilkan bobot atau nilai pengaruh dalam melakukan *overlay*.

Gerakan tanah di kawasan *geopark* Gunung Batur menunjukkan bahwa kaldera Gunung Batur berada pada 500 – 2000 mdpl, dengan persentase ancaman tinggi sebesar 11% dan sangat tinggi 9%. Paparan luasan tingkat sangat tinggi sebesar 4216 ha terdapat di puncak Gunung Batur dan puncak serta punggung Gunung Abang dengan dusun rawan paparan yaitu Dusun Trunyan, Dusun Abang Batudinding dan Dusun Buah dengan jenis longsor berupa aliran debris. Tingkat ancaman tinggi sebesar 5232 ha pada seputaran lereng Gunung Batur dengan jenis longsor berupa jatuhan batuan, daerah ini merupakan jalur *tracking* dan area galian-C.

Dalam penataan infrastruktur pariwisata kawasan *geopark* Gunung Batur, diharapkan para wisatawan dapat menghindari lokasi-lokasi ancaman longsor tinggi sampai sangat tinggi. Di samping itu juga perlu dilakukan usaha-usaha perkuatan lereng yang baik pada titik rawan. Pembangunan infrastruktur jangan sampai memberikan beban pada lereng-lereng kaldera dan bangunan-bangunan yang akan dibangun harus dirancang dengan beban ringan. Untuk menjaga kelestariann lingkungan sekaligus perkuatan lereng, perlu penambahan vegetasi dengan pengakaran dalam.

### Daftar Pustaka

- Bemmelen R.W. (1949) *The Geology of Indonesia*, Martinus Nyhoff, Vol. I A, The Haque, Nederland.
- Departemen Pekerjaan Umum (2007) *Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana*, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 22/PRT/M/2007, Direktorat Jenderal Penataan Ruang.
- Hardiyatmo H. C. (2012) *Tanah Longsor dan Erosi (Vol. 2)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Paulin G. L., (2010) Effect of pixel size on cartographic representation of shallow and deep-seated landslide, and its collateral effects on forecasting of landslides by SINMAP and Multiple Logistic Regression landslide models. *Physics and Chemistry of the Earth, Elsevier, Volume 35*, pp. 137-148.
- Karnawati D. (2002) *Basic Concept on Landslide Mapping*, Department of Geological Engineering, Gadjah Mada University.
- Hadiwidjojo P., Samodra M. M., Amin T. (1998) *Peta Geologi Lembar Bali*, Nusa Tenggara. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Rawls W. dan Brakensiek D. (1989) Estimation of soil water retention and hydraulic properties. *Unsaturated Flow in Hydrologic Modelling: Theory and Practice. Nato ASI Series. Series C: Mathematical and Physical Sciences-Vol.275. M.s.Ed*. Kluwer Academic Publisher, pp: 275- 300.
- Sinarta I.N, Rifa'i A., Fathani T.F., Wilopo W. (2016a) Geotechnical Properties And Geology Age on Characteristics of Landslides Hazards Of Volcanic Soils In Bali, Indonesia, *International Journal of GEOMATE*, Oct., 2016, Vol. 11, Issue 26, ISSN: 2186-2982(Print), 2186-2990(Online), Japan. DOI:10.21660/2016.26.67987.
- Sinarta I.N, Rifa'i A., Fathani T.F., Wilopo W. (2016b) Pemetaan Ancaman Gerakan Tanah berdasarkan Indeks Stabilitas pada ekstensi SINMAP di Kabupaten Bangli, Bali, *Seminar Nasional Geoteknik 2016 HATTI Yogyakarta*, ISBN: 978-602-71762-5-6.
- Sinarta, I Nengah. (2014) *Metode Penanganan Tanah Longsor Dengan Pemakuan Tanah (Soil Nailing)*. Paduraksa, 3 (2). pp. 1-16. ISSN 2303-2693
- Sinarta, I Nengah. (2013), *Ancaman Tanah Longsor sebagai salah satu indikator dalam Pembangunan Infrastruktur berkelanjutan*, Seminar Nasional Structure Konsepsi#1, Fakultas Teknik, Universitas Warmadewa, ISBN:978-979-18045-5-4
- Saaty T.L. (1990) An Exposition of the AHP in Reply to the Paper 'Remarks on the Analytic Hierarchy Process', *Management Science*, 36: 259-268.
- Saaty T.L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill International, New York, NY, U.S.A.
- Sutawidjaja I. (2015) *Pengembangan Geowisata Menuju Geopark Menuju Geopark*, Sosialisasi Kebumihan, Kementrian ESDM, Denpasar, 2015.
- Triantaphyllou E., dan Mann S.S. (1995) Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making In Engineering Applications: Some Challenges, *Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44, 1995.
- Rahardjo N, Purnama S, Sulaswono B(2008) Pemetaan Potensi Mata air Di Pulau Bali (*Mapping Of Springs Potency In Bali Island*),2008, *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, Vol. 4 No.2 Hal 71-79 Jakarta, Mei 2008 JRL ISSN : 2085-3866.
- Zuidam V. (1986) *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Gemorphologic Mapping*, Holland: Smits Publishers.